

# BEST AVAILABLE COPY

PUB-NO: DE003919299A1  
DOCUMENT-IDENTIFIER: DE 3919299 A1  
TITLE: Corrugated diaphragm  
PUBN-DATE: January 4, 1990

## INVENTOR-INFORMATION:

NAME COUNTRY  
LECHNER, HUBERT DIPL CH ING

## ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME COUNTRY ASSIGNEE-INFORMATION:  
LANDIS & GYR AG CH

APPL-NO: DE03919299  
APPL-DATE: June 13, 1989

PRIORITY-DATA: CH00245388A (June 28, 1988)

*diaphragms diaphragm pressure flexible diaphragm*  
INT-CL (IPC): F16J003/02, G01F001/38, G01L007/08, G05D007/00

EUR-CL (EPC): F16J003/02, G01F001/38, G01F015/16, G01L007/08, G05D016/06

## ABSTRACT:

In a corrugated diaphragm (1), the radii (R) and the depth (T) of the individual waves (5) increase from the edge (3) towards the centre (4). In this way it is achieved that the deflection of the corrugated diaphragm (1) by a pressure difference acting across the corrugated diaphragm (1) represents a root function of the pressure difference. For raising the sensitivity of the corrugated diaphragm (1), this can be domed. Such a corrugated diaphragm (1) can be used to

advantage in a flow quantity measuring device or flow quantity control device.



02/98D 2 73/711

⑬ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift  
⑪ DE 39 19 299 A 1

⑲ Aktenzeichen: P 39 19 299.7  
⑳ Anmeldetag: 13. 6. 89  
㉑ Offenlegungstag: 4. 1. 90

⑥ Int. Cl. 6:  
G 01 L 7/08  
G 01 F 1/38  
G 05 D 7/00  
F 16 J 3/02

DE 39 19 299 A 1

③① Unionspriorität: ③② ③③ ③④  
28.06.88 CH 02453/88

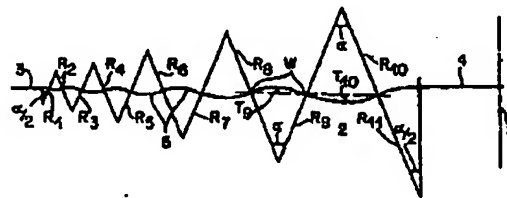
⑦① Anmelder:  
LGZ Landis & Gyr Zug AG, Zug, CH

⑦② Vertreter:  
Müller, H., Dipl.-Ing., 8000 München; Schupfner, G.,  
Dipl.-Chem. Dr.phil.nat., 2110 Buchholz; Gauger, H.,  
Dipl.-Ing., Pat.-Anwälte, 8000 München

⑦③ Erfinder:  
Lechner, Hubert, Dipl.-Ing., Zug, CH

⑦④ Wellmembran

Bei einer Wellmembran (1) nehmen die Radien (R) und die Tiefe (T) der einzelnen Wellen (5) vom Rand (3) gegen das Zentrum (4) hin zu. Damit wird erreicht, daß die Auslenkung der Wellmembran (1) durch eine über der Wellmembran (1) wirkende Druckdifferenz eine Wurzelfunktion der Druckdifferenz darstellt. Zur Erhöhung der Empfindlichkeit der Wellmembran (1) kann diese verwölbt sein. Eine solche Wellmembran (1) kann mit Vorteil in einem Durchflußmengen-Meßgerät oder -Regelgerät verwendet werden.



DE 39 19 299 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf eine Wellmembran der im Oberbegriff des Anspruchs 1 genannten Art.

Solche Wellmembranen werden vorteilhaft in Druckmeßgeräten und Druckregelgeräten verwendet, wobei entweder der absolute Druck oder der Differenzdruck gemessen bzw. geregelt wird. Mittels einer Druckmessung können auch andere Größen bestimmt bzw. geregelt werden, die sich auf eine Druckmessung zurückführen lassen. Genannt seien hier Höhenmessungen, Temperaturmessungen und Messungen durchfließender Volumina eines Mediums.

Gestalt und Eigenschaften von Wellmembranen sind ausführlich beschrieben in M. Di Giovanni: "Flat and corrugated diaphragm design handbook", 1982, Marcel Dekker Verlag, New York. Darin ist näher ausgeführt, auf welche Weise sich bestimmte Eigenschaften einer Membran verändern lassen.

Wenn mittels einer eine Membran enthaltenden Vorrichtung ein Druck in eine beispielsweise elektrische Größe gewandelt werden soll, so haben die Eigenschaften der Membran eine besondere Bedeutung. Besteht zwischen dem Druck und der gewandelten Größe ein linearer Zusammenhang, so ist es besonders zweckmäßig, eine Membran mit streng linearer Kraft/Weg-Kennlinie einzusetzen und auch bei jenem Wandler, der den mechanischen Weg in ein elektrisches Signal umwandelt, einen solchen mit linearer Kennlinie zu verwenden.

Bei Durchflußmeßgeräten (DE 32 44 688) ist es üblich, den Druckabfall über ein Strömungshindernis, — ein Ventil oder eine Meßblende —, zu erfassen und die Druckdifferenz zwischen dem Raum vor dem Strömungshindernis und dem Raum hinter dem Strömungshindernis in ein elektrisches Signal umzuwandeln. Diese sogenannte Durchflußmessung nach dem Wirkdruckverfahren erfordert es, den mittels einer Meßmembran gewonnenen Weg so in ein elektrisches Signal umzusetzen, daß dem nichtlinearen Zusammenhang zwischen Druckdifferenz und Durchflußmenge Rechnung getragen wird. Bei Verwendung einer Meßmembran mit linearer Kraft/Weg-Kennlinie und eines Weg/Spannungswandlers mit ebenfalls linearer Kennlinie ist wegen des nichtlinearen Zusammenhangs zwischen der Druckdifferenz  $\Delta p$  und der Durchflußmenge  $q_v$  gemäß

$$\Delta p = k_1 q_v^2 \text{ bzw. } q_v = k_2 \sqrt{\Delta p},$$

wobei und  $k_1$  und  $k_2$  Korrekturfaktoren bedeuten, ein weiterer Wandler erforderlich, der den der Durchflußmenge proportionalen Meßwert radiziert.

Im Flat and Corrugated Diaphragm Design Handbook, Seite 337, ist beschrieben, wie vorgegangen werden kann, um Membrandosen mit nichtlinearer Kennlinie zu schaffen. Es ist auch bekannt, Membrandosen durch Zusammensetzen mehrerer Wellmembranen mit unterschiedlicher Kennlinie zu gewinnen. Solche Membrandosen, wie sie beispielsweise in hochgenauen Höhenmessern für Flugzeuge Verwendung finden, sind außerordentlich teuer in der Fertigung und kommen deshalb für Massenprodukte wie Durchflußmesser nicht in Frage.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine einfach herzustellende Wellmembran zu schaffen, bei der der aus der Druckdifferenz über der Wellmembran resultierende Weg eine möglichst genaue Annäherung an

die Wurzelfunktion der Druckdifferenz ist, so daß bei Verwendung der Wellmembran zur Durchflußmessung nach dem Wirkdruckverfahren ein zusätzlicher Wandler mit radizierender Kennlinie entbehrlich ist.

Die genannte Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen genannt.

Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnung näher erläutert.

Es zeigt

Fig. 1 einen unmaßstäblichen zentrischen Schnitt durch eine Wellmembran,

Fig. 2 eine Meridianlinie einer Wellmembran entlang ihres Radius gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel,

Fig. 3 eine Meridianlinie gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel, und

Fig. 4 eine Meridianlinie gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel.

In der Fig. 1 bedeutet 1 eine Wellmembran. Deren Meridianlinie ist hier und in den weiteren Figuren mit 2 bezeichnet. Die Wellmembran 1 besitzt einen umlaufenden flachen Rand 3, der sich zur Befestigung der Wellmembran 1 eignet, eine ebene Zentrumsfläche 4 und im Bereich zwischen Rand 3 und Zentrumsfläche 4 zum Beispiel durch Tiefziehen eingeformte Wellen 5. Mit S ist eine Symmetrielinie bezeichnet. Die Wellen 5 bilden konzentrische Kreise, so daß alle Schnitte entlang jedes beliebigen Durchmessers der Wellmembran 1 identisch sind.

Der Rand 3, der gemäß diesem Ausführungsbeispiel flach ist, kann aber auch durch Tiefziehen abgewinkelt sein.

Zur Darstellungsvereinfachung ist in den Fig. 2 und 3 nicht die Wellmembran 1 selbst, sondern nur deren Meridianlinie 2 gezeichnet. Eingezeichnet sind Konstruktionshilfslinien, die die Form der Wellmembran 1 definieren. Jede Welle 5 ist charakterisiert durch ihren Radius  $R$  und einen Zentrumswinkel  $\alpha$ . Die Länge des Bogens und die Tiefe der Welle sind durch den Radius  $R$  und den Zentrumswinkel  $\alpha$  gleichfalls eindeutig bestimmt.

Jede Welle 5 stößt unmittelbar an die folgende Welle 5. Am Übergang von einer Welle 5 zur folgenden Welle 5 existiert ein Wendepunkt  $W$  im Kurvenzug der Meridianlinie 2.

Bei einer Wellmembran 1 gemäß der Fig. 2 sind alle Zentrumswinkel  $\alpha$  gleich. Die äußerste Welle 5 mit dem Radius  $R_1$  und die innerste Welle 5 mit dem Radius  $R_n$  unterscheiden sich von den anderen Wellen 5 dadurch, daß sie einseitig nicht an eine weitere Welle 5, sondern an eine ebene Fläche anschließen. Deshalb beträgt ihr Zentrumswinkel nur  $\alpha/2$ .

Eine gute Annäherung an die Idealform der radizierenden Kennlinie ergibt sich für eine Wellmembran 1 mit einer zwischen einem Rand 3 und einer Zentrumsfläche 4 eingeformten endlichen Zahl von Wellen 5, wobei die Radien  $R_x$  und/oder die Tiefen  $T_x$  der einzelnen Wellen 5 vom Rand 3 gegen die Zentrumsfläche 4 hin zunehmen.

Die Größe der Wellmembran 1, deren Dicke und die Zahl der Wellen 5 richten sich danach, für welchen Druckbereich die Wellmembran 1 auszulegen ist. Für einen Druckbereich von 2000 bis 10 000 Pa bietet beispielsweise eine Wellmembran 1 mit einem Außendurchmesser von 18 mm, einer Dicke von 0,15 mm bei Verwendung von 17/7-Chrom-Nickel-Stahl und einer Zahl von zwanzig Wellen 5 eine gute Annäherung an die Idealform der radizierenden Kennlinie.

Die Radien  $R_x$  der einzelnen Wellen 5 bilden eine geometrische Reihe. Der Radius  $R_2$  der zweiten Welle 5 entspricht dem Produkt aus dem Radius  $R_1$  der ersten Welle 5 und einem Faktor  $F$ , der größer als 1 ist. Der Radius  $R_3$  der dritten Welle 5 entspricht dem Produkt aus dem Radius  $R_2$  der zweiten Welle 5 und dem gleichen Faktor  $F$ . Die Zählrichtung ist dabei von außen nach innen.

Die Wendepunkte zwischen den einzelnen Wellen 5 liegen dabei alle in einer Ebene.

Eine gute Annäherung der Kraft/Weg-Kennlinie der Wellenmembran 1 an die Wurzelfunktion ergibt sich beispielsweise, wenn der Zentrumswinkel  $\alpha$  etwa 45 Grad beträgt und der Faktor  $F$  einen Wert von etwa 1,25 hat. Die Tiefe  $T$  der Wellen ergibt sich als Funktion von Zentrumswinkel  $\alpha$  und Radius  $R_n$ . Aus Gründen der Übersichtlichkeit sind in der Fig. 2 nur die Tiefen  $T_9$  und  $T_{10}$  als Beispiele für die Tiefe  $T_x$  der Wellen 5 eingezeichnet.

Statt eines von Welle 5 zu Welle 5 in Stufen steigenden Radius kann die Zunahme des Radius auch kontinuierlich sein. Bei der ersten Welle 5 nimmt der Radius kontinuierlich von  $R_1$  zu  $R_2$  zu, bei der zweiten Welle 5 von  $R_2$  zu  $R_3$  und bei der  $n$ -ten Welle 5 von  $R_n$  zu  $R_{n+1}$ . Auch in diesem Fall ergibt sich eine Zunahme der Tiefe  $T_x$  der einzelnen Wellen.

Für beide Seiten der Wellenmembran 1 kann je eine Hüllkurve  $H$  (Fig. 1) angegeben werden, wobei die beiden Hüllkurven  $H$  zueinander symmetrisch sind. Jede Hüllkurve  $H$  im Beispiel der Fig. 1 ist eine Gerade. Die Hüllkurven  $H$  der Wellenmembran 1 schließen einen Körper ein, der die Gestalt eines flachen Doppelkegels hat. Der Winkel, den die Hüllkurve  $H$  gegen die Basisfläche des Doppelkegels bildet, ist klein. Er beträgt für die radizierende Kennlinie 1,12 Grad. Daraus können der Faktor  $F$  und der Zentrumswinkel  $\alpha$  berechnet werden.

Besonders vorteilhaft ist es, die Wellenmembran 1 zu verwölben. Damit läßt sich erreichen, daß bei gegebenem wirksamem Durchmesser der Wellenmembran 1 und gegebener Dicke der Wellenmembran 1 die Federkonstante verringert wird. Damit wird die spezifische Auslenkung pro Druckdifferenz-Einheit größer. Dadurch steigt die Empfindlichkeit der Wellenmembran 1, was gleichzeitig bedeutet, daß die Genauigkeit der Messung bei kleinen Druckdifferenz-Werten größer wird.

Durch die Verwölbung liegen die Verbindungslinien  $V$  der Kurvenwendepunkte  $W$  nicht mehr in der gleichen flachen Ebene, sondern bilden nun eine Ebene, die als Mantelfläche eines Rotationskörpers aufzufassen ist. Die Verwölbung kann so gestaltet sein, daß die Ebene der Verbindungslinien  $V$  der Kurvenwendepunkte  $W$  die Mantelfläche eines Kegels bildet (Fig. 3). Eine optimale Empfindlichkeit der Wellenmembran 1 wird erreicht, wenn die durch die Ebene der Verbindungslinien  $V$  gebildete Mantelfläche des Kegels gegen die Basis des Kegels einen Winkel von 1,54 Grad bildet. Vorteilhaft kann die Verwölbung aber auch so gestaltet sein, daß die Ebene der Verbindungslinien  $V$  der Kurvenwendepunkte  $W$  die Mantelfläche eines Hyperboloid-Abschnitts ist (Fig. 4). Damit wird eine weitere Steigerung der Empfindlichkeit der Wellenmembran 1 erreicht bei gleichzeitiger Abnahme der Materialbeanspruchung. Zur Verdeutlichung der Verwölbung ist bei den Fig. 3 und 4 eine unaußstächlich überhöhte Darstellung gewählt worden.

Durch eine Verwölbung besteht allerdings keine Kennlinien-Symmetrie mehr. Während eine nicht verwölbte Wellenmembran (1) eine Kennlinie besitzt, deren

Ast im dritten Quadranten (Differenzdruck und Weg negativ) symmetrisch zum Ast im ersten Quadranten (Differenzdruck und Weg positiv) ist, unterscheiden sich bei einer verwölbten Wellenmembran (1) die Kennlinien im ersten und dritten Quadranten voneinander.

Eine Wellenmembran (1) solcher Art kann mit Vorteil in einem Durchflußmengen-Meßgerät und/oder Durchflußmengen-Regelgerät verwendet werden, bei dem aus einer Druckdifferenz des strömenden Mediums vor und hinter einer als Blende wirkenden Einrichtung mittels besagter Wellenmembran (1) und eines damit wirkverbundenen linear wirkenden Weggebers ein der Strömungsgeschwindigkeit proportionales Signal gewonnen wird. Ein zusätzlicher Signalwandler zur Radizierung des Signals ist dann nicht nötig, so daß ein solches Durchflußmengen-Meßgerät und/oder -Regelgerät besonders einfach und damit preiswert herstellbar ist.

Zur Messung einer Druckdifferenz mit Hilfe einer gewölbten Wellenmembran 1 ist es vorteilhaft, wenn die Wellenmembran 1 im Druckmeßgerät so eingebaut ist, daß die Verwölbungsrichtung dem positiven Differenzdruck entgegen gerichtet ist. Damit wird erreicht, daß das Durchflußmengen-Meßgerät und/oder -Regelgerät einerseits infolge der guten Anpassung an die radizierende Kennlinie sehr genau arbeitet und andererseits eine gute Ansprechempfindlichkeit hat.

#### Patentansprüche

1. Wellenmembran (1) mit einer zwischen einem Rand (3) und einer zentrumsfläche (4) eingeformten endlichen Zahl von Wellen (5), dadurch gekennzeichnet, daß die Radien  $R_x$  und/oder die Tiefen  $T_x$  der einzelnen Wellen (5) vom Rand (3) gegen die Zentrumsfläche (4) hin zunehmen.
2. Wellenmembran (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Radien  $R_x$  und die Tiefen  $T_x$  der einzelnen Wellen (5) vom Rand (3) gegen die Zentrumsfläche (4) hin gemäß einer geometrischen Reihe zunehmen.
3. Wellenmembran (1) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Ebene der Verbindungslinien ( $V$ ) der Kurvenwendepunkte ( $W$ ) der Wellen (5) verwölbt ist.
4. Wellenmembran (1) nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Ebene der Verbindungslinien ( $V$ ) der Kurvenwendepunkte ( $W$ ) der Wellen (5) gebildet wird von einer Mantelfläche eines Rotationskörpers.
5. Wellenmembran (1) nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Ebene der Verbindungslinien ( $V$ ) der Kurvenwendepunkte ( $W$ ) der Wellen (5) die Mantelfläche eines Kegels ist.
6. Wellenmembran (1) nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Ebene der Verbindungslinien ( $V$ ) der Kurvenwendepunkte ( $W$ ) der Wellen (5) die Mantelfläche eines Hyperboloid-Abschnitts ist.
7. Verwendung einer Wellenmembran (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6 in einem Durchflußmengen-Meßgerät und/oder -Regelgerät, bei dem aus einer Druckdifferenz des strömenden Mediums vor und hinter einer als Strömungshindernis wirkenden Einrichtung mittels besagter Wellenmembran (1) und eines damit wirkverbundenen, linear wirkenden Weggebers ein der Strömungsgeschwindigkeit proportionales Signal gewonnen wird.
8. Verwendung einer Wellenmembran (1) nach einem der Ansprüche 3 bis 6 in einem Durchflußmengen-

Meßgerät und/oder -Regelgerät, bei dem aus einer Druckdifferenz des strömenden Mediums vor und hinter einer als Strömungshindernis wirkenden Einrichtung mittels besagter Wellmembran (1) und eines damit wirkverbundenen, linear wirkenden 3 Weggebers ein der Strömungsgeschwindigkeit proportionales Signal gewonnen wird, dadurch gekennzeichnet, daß die Verwölbung der Wellmembran (1) gegen die Richtung des wirksamen positiven Differenzdruckes gerichtet ist. 10

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

Fig. 1

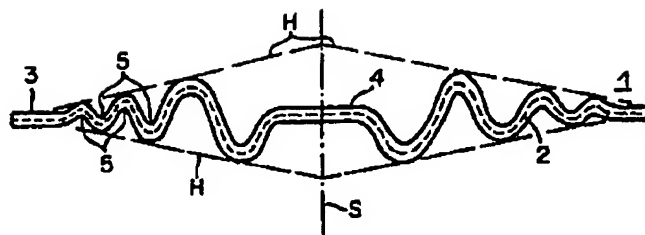


Fig. 2

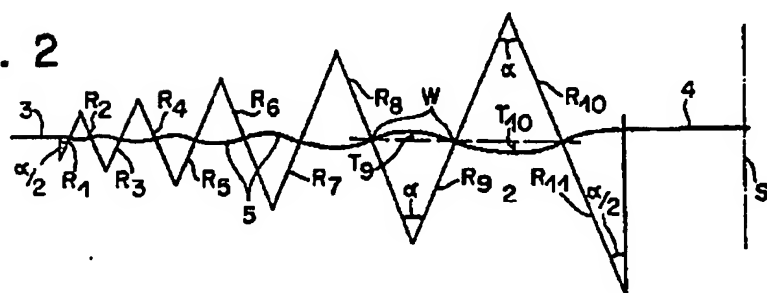


Fig. 3

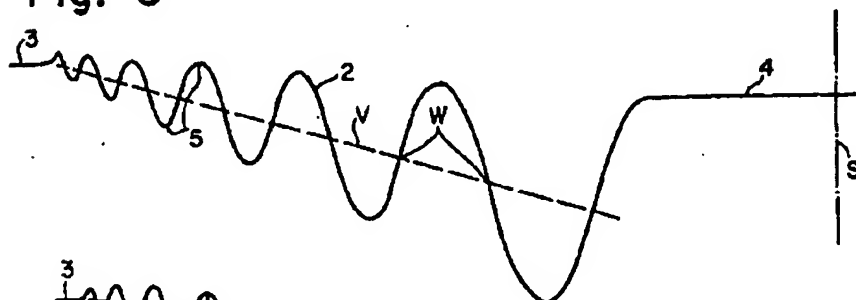
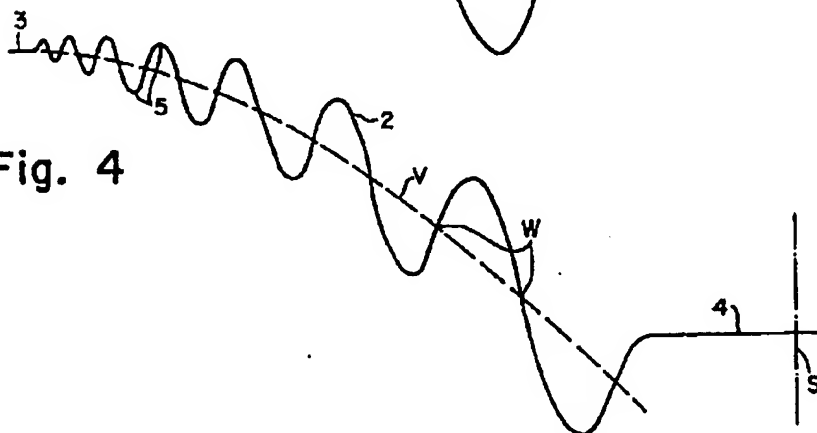


Fig. 4



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**